

**ლაბორატორიათაშორისი შედარებისას ამოვარდნების არსებობის განსაზღვრა ბრაზიკული თავსებადობის მეთოდით**

ნინო ბერაია, ირაკლი ზედგინიძე, ინგა კაროიანი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**რეზიუმე**

განხილულია ლაბორატორიათაშორისი შედარებისას „ამოვარდნილი“, ანუ სხვა ლაბორატორიებთან შეუთავსებადი ლაბორატორიების განსაზღვრის ალგორითმები გრაფიკული შეთავსებადობის მეთოდით. ცალკეა განხილული ლაბორატორიათაშორისი თავსებადობის და შიგალაბორატორიული თავსებადობის შეფასების ავტომატიზაციის საკითხები მანდელის კრიტერიუმებზე დაყრდნობით. შექმნილია სათანადო პროგრამული პროდუქტი, რომელიც გამოყენებული იქნა პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას.

**საკვანძო სიტყვები:** გრაფიკული შეთავსებადობა. მანდელის კრიტერიუმი. ავტომატიზაცია

**1. შესავალი**

ლაბორატორიების შემოწმებებს გამოცდების ჩატარების ხარისხზე ლაბორატორიათაშორისი შედარებების საშუალებით იყენებენ ცალკეული ლაბორატორიების მიერ გამოცდების ან გაზომვების ჩატარების ხარისხის განსაზღვრისა და ლაბორატორიების შემდგომი საქმიანობის მონიტორინგისათვის. სიზუსტის მახასიათებელი – პრეციზიულობა უნდა განისაზღვროს გამოცდის შედეგების სერიის საფუძველზე, რომელიც დაფიქსირებული იქნება ექსპერიმენტში მონაწილე ლაბორატორიების მიერ. პრეციზიულობის შეფასებაზე მიმართული ექსპერიმენტის პირობებში სპეციფიკური მასალის სინჯები ან სპეციფიკური პროდუქციის ნიმუშები იგზავნება ცენტრალური პუნქტიდან სხვადასხვა ადგილას, სხვადასხვა ქვეყნებში ან სხვადასხვა კონტინენტებზე განლაგებულ დიდი რაოდენობის ლაბორატორიებში.

დონეთა გარკვეულ რაოდენობაზე მიღებული მონაცემების საფუძველზე უნდა იქნეს შეფასებული გამოცდის მეთოდის პრეციზიულობის დამახასიათებელი განმეორებადობისა და აღწარმოებადობის სტანდარტული გადახრები. მაგრამ ცალკეული ლაბორატორიების ან გამოცდის შედეგების არსებობა, რომლებიც შეუთავსებელია ყველა დანარჩენ ლაბორატორიასთან ან შედეგთან, ხშირად ცვლის შეფასებებს და ასეთი მნიშვნელობების მიმართ მიღებულ უნდა იქნეს გადაწყვეტები. ცნობილია ორი მიდგომა: ა) ამოვარდნების რიცხვითი კრიტერიუმები და ბ) გრაფიკული შეთავსებადობის მეთოდი, რომელიც განხილულია ამ სტატიაში.

**2. ძირითადი ნაწილი**

ლაბორატორიათაშორისი შედარებებისას ნიმუშები მასალათა  $q$  ჯგუფიდან, რომლებიც წარმოადგენენ  $q$  სხვადასხვა დონეს, ეგზავნება  $p$  ლაბორატორიას, რომელთაგანაც თითოეული იღებს გამოცდის ზუსტად  $n$  განმეორებით შედეგს განმეორებადობის პირობებში  $q$  შესასწავლი დონიდან თითოეულზე.  $k$ -ური გამოცდის შედეგი, მიღებული  $i$ -ურ ლაბორატორიაში  $j$  დონეზე აღნიშნოთ  $y_{ijk}$ -ით. დაკვირვებათა  $pqn$  შედეგი მოვათავსოთ პირველი ნახაზის A ფორმაში.

A ფორმაში მოყვანილი საწყისი მონაცემების მიხედვით ყოველი უჯრედისათვის (ლაბორატორიისა და დონის ყოველი კომბინაციისათვის) გამოთვლილი საშუალო მნიშვნელობები

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk} \quad (1)$$

მოთავსებულია ფორმაში B, ხოლო სტანდარტული გადახრები

$$s_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n_{ij}-1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij})^2} \quad (2)$$

ფორმაში C. უჯრედების საშუალო მნიშვნელობები და სტანდარტული გადახრები უნდა გამოისახოს ერთით უფრო მეტი ნიშნადი ციფრით, ვიდრე პირველ ცხრილში მოყვანილი გამოცდის შედეგები.

შეთავსებადობის ანალიზის გრაფიკული მეთოდისას გამოიყენება ორი ზომა, რომელთაც მანდელის  $h$  და  $k$  სტატისტიკებს უწოდებენ.

ფორმა A – რეკომენდებული ფორმა საწყისი მონაცემების შედარებისათვის							
ლაბორატორია	დონე						
	1	2	...	$j$	...	$q-1$	$q$
1							
2							
...							
$\vdots$				$\vdots$			
$i$				$y_{ij}$			
$\vdots$				$\vdots$			
...							
$p$							

ფორმა B – რეკომენდებული ფორმა საშუალო მნიშვნელობების შედარებისათვის							
ლაბორატორია	დონე						
	1	2	...	$j$	...	$q-1$	$q$
1							
2							
...							
$i$				$\bar{y}_{ij}$			
...							
$p$							

ფორმა C – რეკომენდებული ფორმა უჯრედების შიგნით გაბნევის ზომების შედარებისათვის							
ლაბორატორია	დონე						
	1	2	...	$j$	...	$q-1$	$q$
1							
2							
...							
$i$				$s_{ij}$			
...							
$p$							

ნახ.1. რეკომენდებული ფორმები შედეგების შედარებისათვის მათი ანალიზის მიზნით

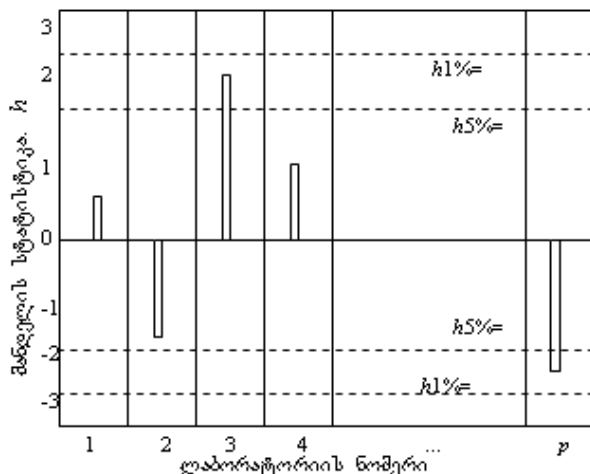
I. მანდელის  $h$  სტატისტიკა გამოიყენება ლაბორატორიათაშორისი თავსებადობის შეფასებისათვის. ამ სტატისტიკის გათვლა ხდება ყოველი ლაბორატორიისათვის უჯრედის გადახრის (უჯრედის საშუალო მნიშვნელობას გამოკლებული საერთო საშუალო მოცემული დონისათვის) შეფარდებით მოცემული დონი-სათვის უჯრედების საშუალო მნიშვნელობებს შორის სტანდარტულ გადახრაზე

$$h_{ij} = \frac{\bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}}_j}{\sqrt{\frac{1}{p_j - 1} \sum_{i=1}^{p_j} (\bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}}_j)^2}} \quad (3)$$

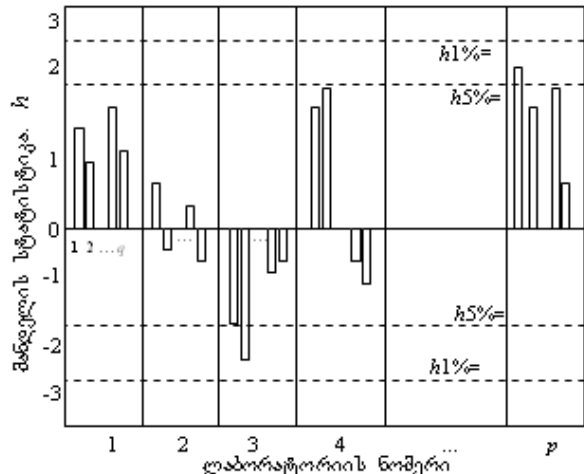
სადაც

$$\bar{\bar{y}}_j = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \bar{y}_{ij} \quad (4)$$

ყოველი  $j$  დონისათვის გამოთვლილი  $h_{ij}$  მნიშვნელობები შეგვიძლია დავატანოთ ცალკე დიაგრამაზე ლაბორატორიების მიხედვით (ნახ.2) ან დავაჯგუფოთ ერთდროულად რამდენიმე დონისათვის (ნახ.3).



ნახ.2.  $h$  დიაგრამა  $j$  დონისათვის



ნახ.3.  $h$  დიაგრამა ყველა  $q$  დონისათვის

შემდეგ ლაბორატორიათაშორის შედარებაში მონაწილე ლაბორატორიების რაოდენობის ( $p$ ) გათვალისწინებით მოიძებნება სათანადო ცხრილიდან ინდიკატორები მანდელის სტატისტიკისათვის მნიშვნელოვნობის 5%-იანი (ცხრილი 1) და 1%-იანი (ცხრილი 2) დონეებისათვის და დაიტანება წყვეტილი ხაზების სახით ზემოთმოყვანილ დიაგრამებზე. ეს საინდიკატორო ხაზები გამოიყენება კრიტერიუმების სახით მონაცემთა სურათების შესწავლისას.

ინდიკატორები მანდელის  $h$  და  $k$  სტატისტიკებისათვის მნიშვნელოვნობის 5%-იან დონეზე

ცხრ.1

$p$	$h$	$k$									
		$n$									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	1,15	1,65	1,53	1,45	1,4	1,37	1,34	1,32	1,3	1,29	
4	1,42	1,76	1,59	1,5	1,44	1,4	1,37	1,35	1,33	1,31	
5	1,57	1,81	1,62	1,53	1,46	1,42	1,39	1,36	1,34	1,32	
6	1,66	1,85	1,64	1,54	1,48	1,43	1,4	1,37	1,35	1,33	
7	1,71	1,87	1,66	1,55	1,49	1,44	1,41	1,38	1,36	1,34	
8	1,75	1,88	1,67	1,56	1,5	1,45	1,41	1,38	1,36	1,34	
9	1,78	1,90	1,68	1,57	1,5	1,45	1,42	1,39	1,36	1,35	
10	1,8	1,90	1,69	1,57	1,5	1,46	1,42	1,39	1,37	1,35	
11	1,82	1,91	1,69	1,58	1,51	1,46	1,42	1,39	1,37	1,35	
12	1,83	1,92	1,69	1,58	1,51	1,46	1,42	1,4	1,37	1,35	
13	1,84	1,92	1,70	1,58	1,51	1,46	1,43	1,4	1,37	1,35	
14	1,85	1,92	1,70	1,59	1,52	1,47	1,43	1,4	1,37	1,35	
15	1,86	1,93	1,70	1,59	1,52	1,47	1,43	1,4	1,38	1,36	
16	1,86	1,93	1,70	1,59	1,52	1,47	1,43	1,4	1,38	1,36	
17	1,87	1,93	1,70	1,59	1,52	1,47	1,43	1,4	1,38	1,36	
18	1,88	1,93	1,71	1,59	1,52	1,47	1,43	1,4	1,38	1,36	
19	1,88	1,93	1,71	1,59	1,52	1,47	1,43	1,4	1,38	1,36	
20	1,89	1,94	1,71	1,59	1,52	1,47	1,43	1,4	1,38	1,36	
21	1,89	1,94	1,71	1,60	1,52	1,47	1,44	1,41	1,38	1,36	
22	1,89	1,94	1,71	1,60	1,52	1,47	1,44	1,41	1,38	1,36	
23	1,9	1,94	1,71	1,60	1,53	1,47	1,44	1,41	1,38	1,36	
24	1,9	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
25	1,9	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
26	1,9	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
27	1,91	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
28	1,91	1,94	1,71	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
29	1,91	1,94	1,72	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
30	1,91	1,94	1,72	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
31	1,91	1,94	1,72	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
32	1,91	1,94	1,72	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
33	1,92	1,94	1,72	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
34	1,92	1,94	1,72	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
35	1,92	1,94	1,72	1,60	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
36	1,92	1,94	1,72	1,61	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
37	1,92	1,94	1,72	1,61	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
38	1,92	1,94	1,72	1,61	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	
39	1,92	1,94	1,72	1,61	1,54	1,49	1,45	1,42	1,38	1,36	
40	1,92	1,94	1,72	1,61	1,54	1,49	1,45	1,42	1,38	1,36	

ინდიკატორები მანდელის  $h$  და  $k$  სტატისტიკებისათვის მნიშვნელოვნობის 1%-იან დონეზე

ცხრ.2

$p$	$h$	$k$									
		$n$									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	1,15	1,71	1,64	1,58	1,53	1,49	1,46	1,43	1,41	1,39	
4	1,49	1,91	1,77	1,67	1,60	1,55	1,51	1,48	1,45	1,43	
5	1,72	2,05	1,85	1,73	1,65	1,59	1,55	1,51	1,48	1,46	
6	1,87	2,14	1,90	1,77	1,68	1,62	1,57	1,53	1,50	1,47	
7	1,98	2,20	1,94	1,79	1,70	1,63	1,58	1,54	1,51	1,48	
8	2,06	2,25	1,97	1,81	1,71	1,65	1,59	1,55	1,52	1,49	
9	2,13	2,29	1,99	1,82	1,73	1,66	1,60	1,56	1,53	1,50	

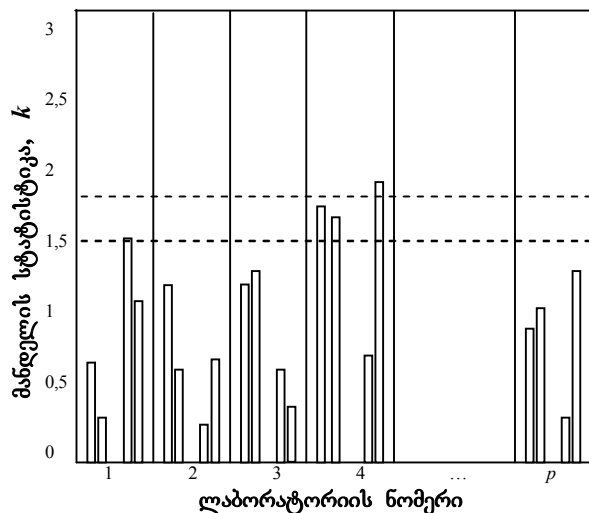
10	2,18	2,32	2,00	1,84	1,74	1,66	1,61	1,57	1,53	1,50
11	2,22	2,34	2,01	1,85	1,74	1,67	1,62	1,57	1,54	1,51
12	2,25	2,36	2,02	1,85	1,75	1,68	1,62	1,58	1,54	1,51
13	2,27	2,38	2,03	1,86	1,76	1,68	1,63	1,58	1,55	1,52
14	2,30	2,39	2,04	1,87	1,76	1,69	1,63	1,58	1,55	1,52
15	2,32	2,41	2,05	1,87	1,76	1,69	1,63	1,59	1,55	1,52
16	2,33	2,42	2,05	1,88	1,77	1,69	1,63	1,59	1,55	1,52
17	2,35	2,44	2,06	1,88	1,77	1,69	1,64	1,59	1,55	1,52
18	2,36	2,44	2,06	1,88	1,77	1,70	1,64	1,59	1,56	1,52
19	2,37	2,44	2,07	1,89	1,78	1,70	1,64	1,59	1,56	1,53
20	2,39	2,45	2,07	1,89	1,78	1,70	1,64	1,60	1,56	1,53
21	2,39	2,46	2,07	1,89	1,78	1,70	1,64	1,60	1,56	1,53
22	2,40	2,46	2,08	1,90	1,78	1,70	1,65	1,60	1,56	1,53
23	2,41	2,47	2,08	1,90	1,78	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
24	2,42	2,47	2,08	1,90	1,79	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
25	2,42	2,47	2,08	1,90	1,79	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
26	2,43	2,48	2,09	1,90	1,79	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
27	2,44	2,48	2,09	1,90	1,79	1,71	1,65	1,60	1,56	1,53
28	2,44	2,49	2,09	1,91	1,79	1,71	1,65	1,60	1,57	1,53
29	2,45	2,49	2,09	1,91	1,79	1,71	1,65	1,60	1,57	1,53
30	2,45	2,49	2,10	1,91	1,79	1,71	1,65	1,61	1,57	1,53

*p* – მოცემული ღონისათვის ლაბორატორიათა რაოდენობა  
*n* – ყოველი ლაბორატორიის ფარგლებში მოცემული ღონისათვის პარალელურ განსახვდრათა რაოდენობა

სხვადასხვა სურათი შეიძლება მივიღოთ *h* დიაგრამებზე: ა) ყველა ლაბორატორიას შეიძლება ჰქონდეს *h*-ის როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მნიშვნელობები ექსპერიმენტის სხვადასხვა დონეებზე (მაგა-ლითად, მე-2, მე-4 ლაბორატორიები მე-3 ნახაზზე); ბ) ცალკეულ ლაბორატორიებს შეიძლება ჰქონდეთ ან მხოლოდ დადებითი ან მხოლოდ უარყოფითი *h* მნიშვნელობების წარდგენის ტენდენცია (მაგალითად, პირ-ველი, მე-3, *q* ლაბორატორიები, მე-3 ნახაზზე); თანაც ლაბორატორიათა რაოდენობა, რომელიც გვაძლევს უარყოფით მნიშვნელობებს დაახლოებით ტოლია ლაბორატორიათა რაოდენობისა, რომლებიც გვაძლევს დადებით მნიშვნელობებს.

თუ *h*-ის ყველა მნიშვნელობას ერთი ლაბორატორიისათვის აქვს ერთი ნიშანი, ხოლო *h*-ის ყველა მნიშვნელობას დანარჩენი ლაბორატორიისათვის აქვს სხვა ნიშანი, მიზანშეწონილია მოვებნოთ ამის მიზეზი.

II. მანდელის *k* სტატისტიკა გამოიყენება შიგალაბორატორიული თავსებადობის შეფასებისათვის.



ნახ.4. *k* დიაგრამა ყველა *q* ღონისათვის

ამისათვის ყოველი ლაბორატორიისათვის თითოეული *j* ღონის ფარგლებში გამოითვლება

$$k_{ij} = \frac{s_{ij} \sqrt{p_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{p_j} s_{ij}^2}} \quad (5)$$

ყოველი *j* ღონისათვის გამოთვლილი *k<sub>ij</sub>* მნიშვნელობები (*i*=1, 2, ..., *p<sub>j</sub>*) შეგვიძლია დავატანოთ ცალკე დიაგრამაზე ლაბორატორიების მიხედვით ან დავაჯგუფოთ ერთდროულად რამდენიმე ღონისათვის (ნახ.4). *k* დიაგრამებზე ვატარებთ საინდიკატო-რო ხაზებს პირველი და მეორე ცხრილებში მოცემული ინდიკატორების მიხედვით მნიშვნელოვნობის 5%-იანი და 1%-იანი დონეებისათვის.

იმ შემთხვევაში თუ ერთი ლაბორატორია გამოირჩევა *k* დიაგრამაზე იმით, რომ მას აქვს *k*-ს დიდი მნიშვნელობების დიდი რაოდენობა, უნდა დადგინდეს ამის მიზეზი: ეს მიუთითებს იმაზე, რომ მას ახასიათებს სხვა ლაბორატორიებთან შედარებით უარესი განმეორებადობა.

### **3. დასკვნა**

$h$  და  $k$  დიაგრამების შესწავლამ შეიძლება გვიჩვენოს რომ ზოგიერთი ლაბორატორია გვაწვდის შედეგების სურათს, რომელიც არსებითად განსხვავდება სხვა ლაბორატორიების სურათებისაგან. ეს ხასიათდება მუდმივად მაღალი ან დაბალი შიგთავსობრივ ვარიაციით და/ან ბევრი დინის მიხედვით უჯრედის ექსტრემალური საშუალო მნიშვნელობებით. თუ ამას ნამდვილად აქვს ადგილი, კონტაქტი უნდა დავამყაროთ ასეთ ლაბორატორიასთან და გამოვარკვიოთ სხვა ლაბორატორიებისაგან ასეთი განსხვავების მიზეზი. ექსპერტმა სტატისტიკის დარგში მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე შეიძლება: ა) შეინარჩუნოს მოცემული მომენტისათვის ლაბორატორიის მონაცემები; ბ) მოსთხოვოს ლაბორატორიას ჩაატაროს გაზომვა ხელახლა; გ) გამორიცხოს ლაბორატორიის მონაცემები ექსპერიმენტიდან.

როდესაც ლაბორატორიების მიხედვით დაჯგუფებული  $h$  ან  $k$  დიაგრამა გვიჩვენებს, რომ ერთ ლაბორატორიას აქვს კრიტიკულ მნიშვნელობათა ხაზთან ახლომდებარე  $h$ -ის ან  $k$ -ს რამდენიმე მნიშვნელობა, უნდა იქნეს დეტალურად შესწავლილი დონეების მიხედვით დაჯგუფებული შესაბამისი დიაგრამა. ხშირად ლაბორატორიების მიხედვით დაჯგუფებულ დიაგრამაზე დიდად წარმოჩენილი მნიშვნელობა საკმაოდ თავსებადია ერთი და იმავე დონისათვის სხვა ლაბორატორიების მიერ წარმოდგენილ შედეგებთან. იმ შემთხვევაში, თუ ის მნიშვნელოვნად განსხვავდება სხვა ლაბორატორიების შედეგებისაგან, მაშინ უნდა შევცადოთ გამოვარკვიოთ ამ მოვლენის მიზეზი.

### **ლიტერატურა:**

1. ზედგინიძე ი. საინჟინრო ექსპერიმენტის ორგანიზაცია და დაგეგმვა. სტუ. თბ., 2000
2. ISO 3534-3: Statistics-Vocabulary and symbols – Part 3: Design of experiments. 1985
3. ISO 5725-2: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. 1994

### **DEFINITION OF OUTLIERS BY A METHOD OF GRAPHIC COMPATIBILITY AT INTERLABORATORY TESTS**

Beraya Nino, Zedginidze Irakli., Karoyan Inga  
The Georgian technical university

### **Summary**

The questions of automation of checks on quality of realization of tests by means of interlaboratory checkings are considered. Proficiency testing by interlaboratory comparisons is used to determine the performance of individual laboratories for specific tests or measurements, and to monitor the continuing performance of laboratories. For algorithm of definition outlier laboratories by criteria Mandel the program ensuring in an automatic mode data processing of supervision of checked laboratories with distribution of the evident diagrams of values Mandel statistics for interlaboratory compatibility grouped on laboratories, and also diagrams of values of Mandel statistics for intralaboratory compatibility also grouped on laboratories with the indication of display lines for Mandel statistics  $h$  and  $k$  for two most often of used significance values is received. The distribution of the recommendations concerning laboratories is provided in an automatic mode which can not further participate in definition of parameters of production by a considered standard method of measurement.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ МЕТОДОМ ГРАФИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

Н.О.Берая, И.Г. Зедгинидзе, И.Б. Кароян  
Грузинский Технический Университет

### **Резюме**

Рассматриваются вопросы автоматизации проверок на качество проведения испытаний посредством межлабораторных сличений. Проверки на качество проведения испытаний посредством межлабораторных сличений применяются для определения качества выполнения отдельными лабораториями определенных испытаний или измерений, и для мониторинга дальнейшей деятельности лабораторий. Для алгоритма определения выбросовых лабораторий по критериям Мандела получена программа, обеспечивающая в автоматическом режиме обработку данных наблюдений проверяемых лабораторий с выдачей наглядных диаграмм значений статистики Мандела для межлабораторной совместимости сгруппированных по лабораториям, а также диаграмм значений статистики Мандела для внутрилабораторной совместимости также сгруппированных по лабораториям с указанием индикаторных линий для статистик Мандела  $h$  и  $k$  для двух наиболее часто применяемых уровней значимости. Обеспечивается в автоматическом режиме выдача рекомендаций относительно лабораторий, которые не могут в дальнейшем участвовать в определении показателей продукции рассматриваемым стандартным методом измерения.